



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013123081/07, 20.05.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.05.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.05.2013

(43) Дата публикации заявки: 27.11.2014 Бюл. № 33

(45) Опубликовано: 20.01.2015 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: JP4104088 A, 06.04.1992 . RU2190264 C2, 27.09.2002 . АНАНЬЕВ и др., Вопросы безопасности АЭС реакторами РБМК-1000, Сосновый бор, 2005, т. 2, с. 252-262. EP2463864 A2, 13.06.2012

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, УрФУ, центр интеллектуальной собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Шипицын Виктор Васильевич (RU),
Черных Илья Викторович (RU),
Бродов Юрий Миронович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

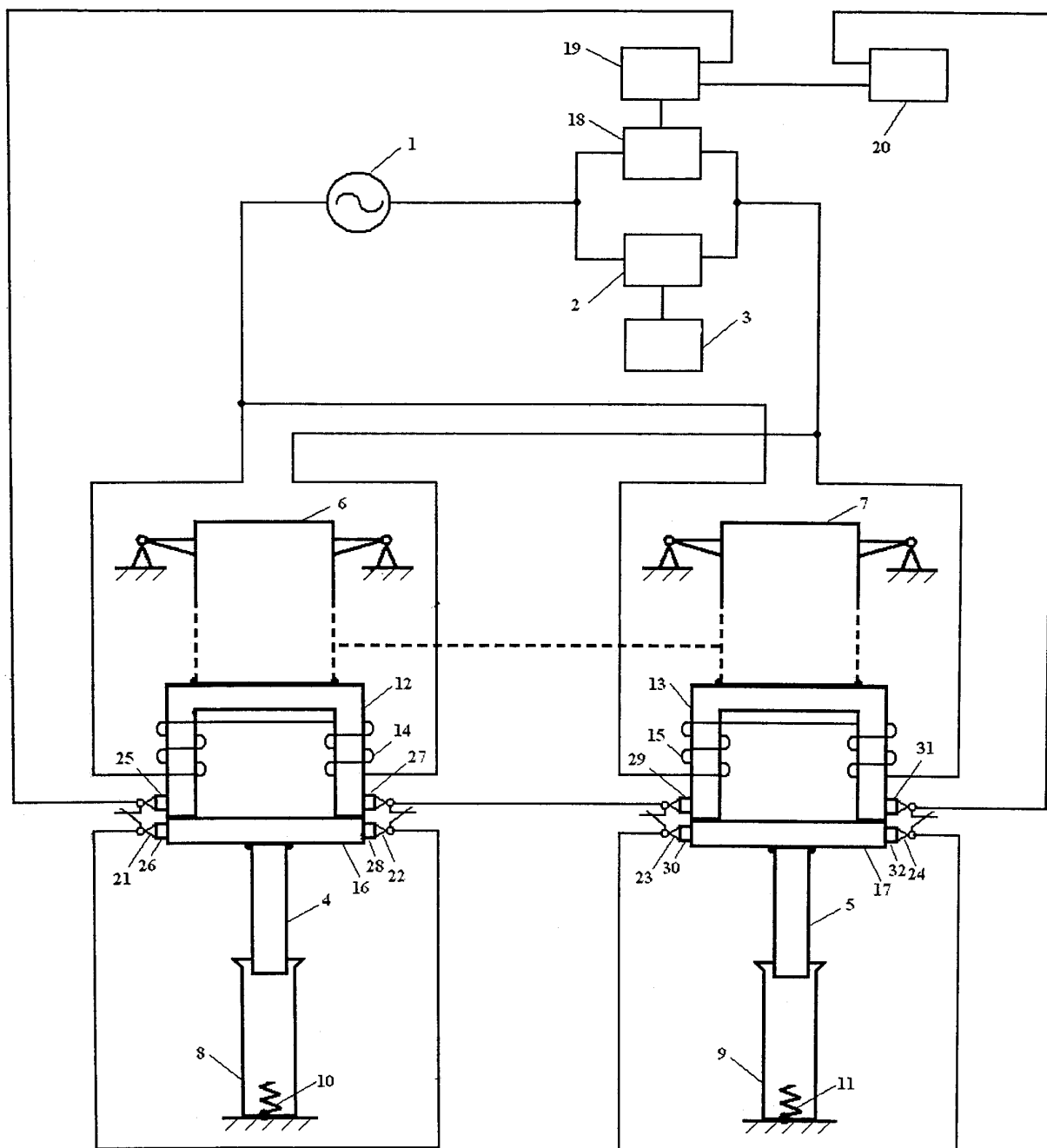
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина" (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

(57) Реферат:

Предлагаемое изобретение относится к оборудованию системы защиты и диагностики ядерного реактора на быстрых нейтронах на АЭС. Устройство защиты ядерного реактора АЭС, имеющей все необходимые известные измерители режимов работы АЭС и системы управления защит АЭС, содержит, по крайней мере, два стержня аварийной защиты для гашения цепной реакции при авариях, по крайней мере, два механически соединенных с поворотной пробкой крышки корпуса реактора механизма горизонтального и вертикального перемещения, два направляющих элемента для беспрепятственного перемещения вниз стержней аварийной защиты, два магнитопровода и два якоря магнитопровода, две катушки магнитопровода, два коммутационных аппарата с системами управления, а также дополнительный

источник питания, который соединен с системой управления второго коммутационного аппарата. Магнитопроводы с катушками жестко соединены с соответствующими механизмами горизонтального и вертикального перемещения, а якоря соединены с головками стержней аварийной защиты. Якоря магнитопровода выполнены из магнитного материала с регулируемой за счет химического состава температурой Кюри. Это позволяет при возникновении аварии автоматически отключать от питающей сети первую и вторую катушки первого и второго магнитопроводов. Во втором типом исполнении устройство защиты содержит две ускоряющих пружины. Технический результат - увеличение быстродействия системы защит АЭС. 1 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг. 3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2013123081/07, 20.05.2013

(24) Effective date for property rights:
20.05.2013

Priority:

(22) Date of filing: 20.05.2013

(43) Application published: 27.11.2014 Bull. № 33

(45) Date of publication: 20.01.2015 Bull. № 2

Mail address:

620002, g.Ekaterinburg, UrFU, tsentr intellektual'noj
sobstvennosti, Marks T.V.

(72) Inventor(s):

Shipitsyn Viktor Vasil'evich (RU),
Chernykh Il'ja Viktorovich (RU),
Brodov Jurij Mironovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)

(54) FAST NEUTRON REACTOR PROTECTIVE DEVICE

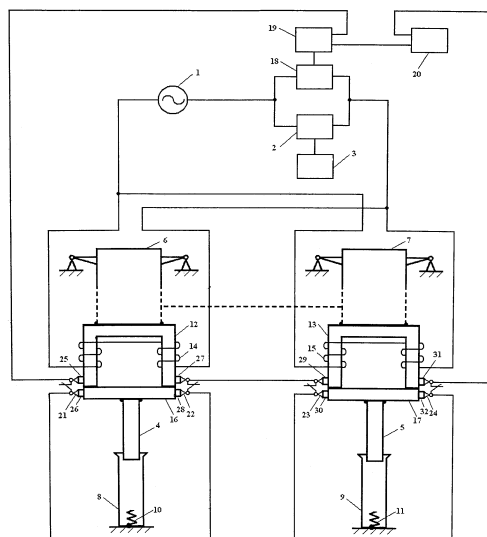
(57) Abstract:

FIELD: atomic physics.

SUBSTANCE: present invention refers to protective and diagnostic equipment for A-plant fast neutron reactors. A reactor protective device mounted at the A-plant having all known A-plant operation meters and A-plant control and safety systems needed, comprises at least two emergency shutdown rods for the suppression of a chain reaction in emergencies, at least two horizontal and vertical travelling gears mechanically connected to a swivel plug of a reactor vessel roof, two guide members for the unobstructed downward movement of the emergency shutdown rods, two magnet cores and two magnet core anchors, two magnet core coils, two switches with control systems, as well as a supplementary power supply connected to a control system of the second switch. The magnet cores with the coils are rigidly connected to the respective horizontal and vertical travelling gears, while the anchors are connected to heads of the emergency shutdown rods. The magnet core anchors are made of a magnetic material with the Curie temperature adjusted by the chemical composition. That makes it possible to disconnect the first and second coils of the first and

second magnet cores automatically if an emergency arises. According to the second embodiment, the protective device comprises two accelerating springs.

EFFECT: speedup of the A-plant protective system.
2 cl, 5 dwg



Фиг. 3

Предлагаемое изобретение относится к оборудованию системы защиты и диагностики ядерного реактора на быстрых нейтронах на атомных электростанциях - АЭС. Технический результат предлагаемого изобретения заключается в увеличении быстродействия системы защиты АЭС, что увеличивает надежность работы АЭС.

5 Известно, что надежная работа АЭС имеет большое значение для успешного развития атомной электроэнергетики. Известно также, что безопасность реактора на быстрых нейтронах, например типа БН-600, основана на многократном дублировании и резервировании систем, важных для управления и обеспечения безопасности реактора и энергоблока в целом. (См. Приложение 1, Л. 1, Белоярская АЭС.624250, Россия,
10 Свердловская обл., г.Заречный, Белоярская АЭС, стр.26, 27). Поэтому в технической литературе уделяется большое внимание вопросам надежности и защиты АЭС от аварий, в том числе и в упомянутой ниже литературе.

Л. 2. Усынин Г.Б., Кусмарцев Е.В. Реакторы на быстрых нейтронах / Под общей редакцией чл.-кор. АН СССР Ф.М. Митенкова. - М.: Энергоатомиздат, 1985.

15 Л. 3. Шейнкман А.Г. и др. Развитие систем диагностики процессов и оборудования энергоблока с реактором БН-600. Российская Академия наук. Уральское отделение. Екатеринбург, 1994.

Л. 4. Плутинский В.И., Погорелов В.И. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок АЭС. - М.: Энергоатомиздат, 1983.

20 Л. 5. Самойлов О.Б. и др. Безопасность ядерных энергетических установок. - М.: Энергоатомиздат, 1989.

Л. 6. Юркевич Г.П. Системы управления энергетическими реакторами. - М.: Издательство ЭЛЕКС-КМ, 2001.

Л. 7. Гидродинамика и безопасность ЯЭУ. Сборник трудов ФЭИ. В трех томах. Том
25 2. Обнинск: ГНЦ РФ ФЭИ, 1999.

Л. 8. Электротехнический справочник: В 4 т. Т.1 Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общей редакцией профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. - 9-е изд, стер. - М.: Издательство МЭИ, 2003. Патенты РФ на изобретение №1572303, №2260211 и №2475871.

30 Во всех упомянутых изданиях (за исключением Л.8) существенная часть их объема посвящена вопросам безопасности и устройствам безопасности и защиты от аварий АЭС.

Все устройства защиты в упомянутой литературе можно рассматривать как аналоги предлагаемому изобретению. Во всех этих аналогах показано, что одним из главных
35 элементов СУЗ - системы управления защиты АЭС является стержень АЗ - стержень аварийной защиты, который предназначен для гашения цепной реакции ядерного топлива при аварии и предотвращения взрыва (см. Приложение 2, Л.2, стр.165), а также состоящий из редукторов, зубчатых колес и реек механизм горизонтального и вертикального перемещения (см. Приложение 4, Л.3, стр.46, рис.21).

40 Во всех этих источниках говорится о достаточно сложных механизмах, которые должны переместить защитные стержни в крайнее нижнее положение для гашения цепной реакции при аварии. Эти механизмы могут также отказать. Кроме того, может исчезнуть электроснабжение собственных нужд. Обе эти причины могут привести к тому, что защитные стержни при возникновении аварий не будут опущены в нижнее
45 положение, поэтому не произойдет гашение цепной реакции и может возникнуть тяжелая авария или взрыв.

Возможность подобного развития событий подтверждается в Приложении 3, Л.2, стр 186, 188, где перечисляется большое количество аварийных ситуаций. Во всей

упомянутой литературе система устройств защит - СУЗ строится примерно по одному типу: при отклонениях от нормальных режимов тех или иных блоков АЭС приходят сигналы от многочисленных измерителей и датчиков, и, если эти сигналы выше нормированных значений, срабатывают устройства защиты, при этом главным устройством защиты, которое предотвращает взрыв АЭС, является устройство перемещения стержня аварийной защиты в активную зону реактора, что должно предотвратить цепную реакцию в активной зоне реактора. Однако известные датчики и известные устройства защиты также могут отказаться. Поэтому они не могут обеспечить достижение заявленного технического результата, т.е. увеличить быстродействие системы защиты АЭС и увеличить надежность работы АЭС.

Поэтому в качестве прототипа выбрано устройство защиты ядерного реактора на быстрых нейтронах, описанное в Патенте РФ на изобретение №2475871 от 14.02.2013 г.

Главным отличием устройства защиты в прототипе является то, что в устройство, содержащее питающую сеть переменного тока, стержень аварийной защиты для предотвращения цепной реакции топлива ядерного реактора и механизм горизонтального и вертикального перемещения, расположенный на дне корпуса реактора направляющий элемент в виде посадочного гнезда для беспрепятственного перемещения вниз стержня аварийной защиты при возникновении аварии, введены магнитопровод, якорь магнитопровода, катушка магнитопровода и система управления аварийной защиты, первый коммутационный аппарат, устройство управления первым коммутационным аппаратом и демпферная пружина, при этом магнитопровод с катушкой жестко соединен с нижней частью механизма горизонтального и вертикального перемещения, якорь магнитопровода жестко соединен с головкой стержня аварийной защиты, катушка магнитопровода соединена с питающей сетью переменного тока, а магнитопровод и якорь магнитопровода выполнены из магнитного материала с регулируемой за счет химического состава температурой Кюри. При возникновении аварии и отказе традиционных систем защит происходит быстрый нагрев магнитопровода и якоря, резко уменьшается магнитная проницаемость материала магнитопровода и якоря, резко падает тяговая сила электромагнита, при этом якорь магнитопровода вместе со стержнем аварийной защиты под действием собственного веса перемещается вниз и предотвращает цепную реакцию топлива ядерного реактора.

Однако прототип, как и аналоги, не обеспечивают достижения заявленного технического результата, заключающегося в увеличении быстродействия системы защиты АЭС и увеличении надежности работы АЭС.

Действительно, в устройстве прототипа имеется два недостатка. Время срабатывания отдельных электромагнитов для отдельных стержней аварийной защиты, если их несколько, может отличаться из-за отклонения магнитных свойств отдельных электромагнитов и из-за различия температур в отдельных частях реактора.

С учетом этого при возникновении выше отмеченных условий (авария, отказ традиционных видов защит АЭС) можно утверждать, что при использовании прототипа процесс срабатывания защиты будет происходить следующим образом. Первым переместится в крайнее нижнее положение вместе с соответствующим якорем стержень аварийной защиты, у электромагнита которого имеет место минимальная температура Кюри, разумеется, в пределах заданного допуска, или тот же стержень аварийной защиты, расположенный в зоне реактора с максимальной температурой, разумеется, также в пределах заданного допуска. Далее в крайнее нижнее положение будут перемещаться второй, третий и т.д. стержни аварийной защиты в соответствии с

сочетанием двух признаков - температура Кюри и температура в зоне реактора, наконец, в крайнее нижнее положение, переместится последний стержень аварийной защиты, у электромагнита которого имеет место максимальная температура Кюри или тот же стержень аварийной защиты, расположенный в зоне реактора с минимальной температурой, разумеется, все в пределах заданного допуска. Совершенно очевидно, что максимальное действие защитных стержней по гашению цепной реакции топлива ядерного реактора наступит тогда, когда все стержни аварийной защиты переместятся в крайнее нижнее положение. Совершенно очевидно также, что начиная с момента возникновения аварии время перемещения в крайнее нижнее положение последнего стержня аварийной защиты будет больше, чем время перемещения в крайнее нижнее положение первого стержня. Совершенно очевидно и то, что при использовании защитного устройства прототипа время полного срабатывания защиты после возникновения аварии будет определяться временем перемещения в крайнее нижнее положение последнего стержня аварийной защиты. Это может приводить к замедлению срабатывания защиты ядерного реактора, что снижает надежность системы защиты этого реактора. Поэтому и аналоги, и прототип при их осуществлении не обеспечивают достижения заявленного технического результата.

Предлагаемое изобретение решает задачу создания устройства защиты ядерного реактора на быстрых нейтронах, что позволяет достичь заявленный технический результат, заключающийся в увеличении быстродействия системы защиты АЭС, что увеличивает надежность работы АЭС.

Сущность предлагаемого изобретения заключается в том, что в устройство защиты ядерного реактора на быстрых нейтронах атомной электростанции АЭС, имеющей все виды традиционных защит, включая и систему защиты в устройстве прототипа, а также питающую сеть переменного тока, дополнительно введены, по крайней мере, один второй стержень аварийной защиты для гашения цепной реакции при авариях различного вида, один второй механически соединенный с поворотной пробкой крышки корпуса реактора механизм горизонтального и вертикального перемещения второго стержня аварийной защиты с системой управления, один второй расположенный на дне корпуса реактора направляющий элемент в виде посадочного гнезда для беспрепятственного перемещения вниз второго стержня аварийной защиты при возникновении аварии, один второй магнитопровод, один второй якорь второго магнитопровода, одна вторая катушка второго магнитопровода, одна вторая демпферная пружина, второй коммутационный аппарат с устройством управления вторым коммутационным аппаратом, один дополнительный источник питания, а также четыре реле положения с механической связью, при этом каждое реле положения содержит по одному неподвижному и по одному подвижному контакту, при этом каждый контакт содержит изоляционную пластину для изоляции этого контакта от магнитопроводов или якорей магнитопроводов, при этом второй магнитопровод со второй катушкой жестко соединен со вторым механизмом горизонтального и вертикального перемещения второго стержня аварийной защиты, второй якорь второго магнитопровода жестко соединен с головкой второго стержня аварийной защиты, входные выводы второй катушки второго магнитопровода с помощью гибкого кабеля подсоединены к выходным выводам питающей сети переменного тока с помощью выходных выводов первого коммутационного аппарата, входные выводы которого соединены с выходными выводами устройства управления первого коммутационного аппарата, при этом параллельно выходным выводам первого коммутационного аппарата подсоединены выходные выводы второго коммутационного аппарата, входные выводы которого

соединены с выходными выводами устройства управления второго коммутационного аппарата, входные выводы которого подсоединены к выходным выводам дополнительного источника питания через последовательно соединенные контакты четырех реле положения с механической связью, при этом четыре неподвижных контактах
 5 четырех реле положения с помощью изоляционных пластин жестко соединены с торцами двух магнитопроводов по два контакта, на каждый магнитопровод, а четыре подвижных контактах реле положения с помощью изоляционных пластин жестко соединены с торцами двух якостей по два контакта на каждый якорь магнитопроводов, при этом вторая демпферная пружина жестко соединена с дном второго посадочного гнезда для
 10 второго защитного стержня, при этом второй магнитопровод и второй якорь второго магнитопровода выполнены из магнитного материала с регулируемой за счет химического состава температурой Кюри.

Сущность второго типомыполнения предлагаемого изобретения заключается в том, что в устройство по п.1 дополнительно введены две ускоряющие пружины,
 15 установленные с упором между соответствующими магнитопроводами и якорями.

Следует заметить, что при большой мощности ядерного реактора количество защитных стержней может быть увеличено и составлять в общем случае «n» стержней, при этом количество магнитопроводов, якостей, катушек, направляющих элементов, демпферных и ускоряющих пружин будет равно «n», а количество реле положения с
 20 механической связью будет равно «2n», при этом количество механизмов горизонтального и вертикального перемещения может изменяться от одного до «n» в зависимости от конструктивного исполнения этих механизмов, при этом независимо от величины «n» остается одна питающая сеть переменного тока, два коммутационных аппарата и один дополнительный источник питания.

Заявленный технический результат предлагаемого изобретения - увеличение быстродействия системы защиты АЭС, что увеличивает надежность работы АЭС - достигается следующим образом.

При возникновении аварийной ситуации процессы защиты АЭС могут протекать по двум путям.

30 Первый путь. Работают все известные традиционные датчики аварийных режимов и измерители аварийных режимов, и происходит запланированное отключение аварийных режимов.

Второй путь. Все датчики функционируют, отказали механизмы перемещения аварийных защитных стержней. В этом случае, если исчезло электроснабжение
 35 собственных нужд, исчезает питание электромагнитов, исчезают их тяговые силы и якоря вместе со стержнями аварийной защиты под действием собственного веса перемещаются вниз и предотвращают цепную реакцию. Если электроснабжение собственных нужд остается исправным, температура быстро поднимается до 500°C и выше (в Приложении 5, Л.2 на стр.178 отмечается, что в аварийной ситуации температура
 40 охлаждающего натрия на выходе из ТВС - тепловыделяющего стержня за 0,4 секунды может достичь 800°C), магнитопроводы и якоря разогреваются, их магнитная проницаемость резко уменьшается, тяговая сила электромагнитов также резко уменьшается и якоря магнитопроводов вместе со стержнями аварийной защиты под действием собственного веса также перемещаются вниз и также предотвращают цепную
 45 реакцию.

Следует отметить, что в прототипе при отказе традиционных видов защиты АЭС при возникновении аварии может иметь место разброс в срабатывании отдельных защитных стержней, как отмечено выше, по двум причинам: 1) из-за разброса магнитных

параметров отдельных магнитопроводов; 2) из-за различной температуры в отдельных частях и зонах ядерного реактора. Все это может привести к замедлению процесса срабатывания устройства защиты в прототипе. В предлагаемом изобретении, как только сработает хотя бы один аварийный стержень, у магнитопровода которого либо имеет место минимальная температура Кюри (в пределах допустимого разброса), либо аварийный стержень находится в зоне ядерного реактора с максимально допустимой температурой, так сразу разрывается цепь питания всех магнитопроводов и все защитные стержни с якорями под действием собственного веса одновременно переместятся вниз и предотвратят цепную реакцию. При выполнении предлагаемого устройства защиты по второму типополнению при нагреве магнитопроводов и якорей магнитопроводов до 500°C и выше тяговая сила электромагнитов также резко уменьшается и якоря магнитопроводов вместе со стержнями аварийной защиты под действием собственного веса и под действием ускоряющих пружин также более ускоренно перемещаются вниз и также более быстро предотвращают цепную реакцию.

Таким образом, достигается заявленный технический результат - увеличение быстродействия системы защиты АЭС, что увеличивает надежность работы АЭС.

Предлагаемое устройство защиты ядерного реактора на быстрых нейтронах АЭС, выполненное по первому типополнению и приведенное на фиг.1, 2, 3, 4, содержит питающую сеть переменного тока 1, первый коммутационный аппарат 2 с устройством управления 3 первого коммутационного аппарата, два стержня первый 4 и второй 5 аварийной защиты, два механизма первый 6 и второй 7 горизонтального и вертикального перемещения с системой управления, два направляющих элемента первый 8 и второй 9 в виде посадочных гнезд для стержней 4 и 5 аварийной защиты (остальные элементы известных традиционных защит ядерных реакторов и АЭС для упрощения на фиг.1, 2, 3, 4 не показаны), два магнитопровода первый 12 и второй 13, два якоря магнитопровода первый 16 и второй 17, две катушки магнитопровода первую 14 и вторую 15, две демпферных пружины первую 10 и вторую 11, второй коммутационный аппарат 18 с устройством управления 19 вторым коммутационным аппаратом, дополнительный источник питания 20, а также четыре реле положения первое 21, второе 22, третье 23 и четвертое 24, при этом каждое реле положения содержит по одному неподвижному контакту и по одному подвижному контакту, а каждый контакт содержит одну из изоляционных пластин 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, при этом магнитопроводы 12 и 13 жестко соединены соответственно с механизмами 6 и 7 горизонтального и вертикального перемещения стержней 4 и 5 аварийной защиты, якоря 16 и 17 жестко соединены соответственно с головками стержней 4 и 5 аварийной защиты, при этом входные выводы катушек 14 и 15 магнитопроводов 12 и 13 с помощью гибких кабелей подсоединены к питающей сети 1 переменного тока с помощью выходных выводов первого коммутационного аппарата 2, входные выводы которого соединены с выходными выводами устройства 3 управления первого коммутационного аппарата 2, при этом параллельно выходным выводам первого коммутационного аппарата 2 подсоединены выходные выводы второго коммутационного аппарата 18, входные выводы которого соединены с выходными выводами устройства управления 19 второго коммутационного аппарата 18, входные выводы которого подсоединены к выходным выводам дополнительного источника питания 20 через последовательно соединенные контакты четырех реле положения 21, 22, 23 и 24 с механической связью, при этом четыре неподвижных контакта четырех реле положения с механической связью с помощью изоляционных пластин 25, 27, 29 и 31 жестко соединены с торцами двух магнитопроводов 12 и 13 по два контакта на каждый магнитопровод, а четыре

подвижных контакта четырех реле положения с механической связью с помощью изоляционных пластин 26, 28, 30 и 32 жестко соединены с торцами двух якорей 16 и 17 по два контакта на каждый якорь магнитопроводов, при этом демпферные пружины 10 и 11 жестко соединены соответственно с дном посадочных гнезд 8 и 9 для защитных стержней 4 и 5, а магнитопроводы 12 и 13 и якоря 16 и 17 выполнены из магнитного материала с регулируемой за счет химического состава температурой Кюри.

Устройство защиты ядерного реактора, выполненное по второму типом выполнению и приведенное на фиг.5, дополнительно содержит две ускоряющих пружины 33 и 34, при этом пружина 33 установлена с упором между магнитопроводом 12 и якорем 16, а пружина 34 установлена с упором между магнитопроводом 13 и якорем 17, при этом верхние концы пружин жестко соединены с соответствующими магнитопроводами.

Устройство, выполненное по первому типом выполнению, работает следующим образом. В исходном состоянии якоря 16 и 17 магнитопроводов 12 и 13 вместе с аварийными стержнями защиты 4 и 5 с помощью первого коммутационного аппарата 2 в любом порядке перемещаются в крайнее нижнее положение, как это показано на фиг.1, а это означает, что цепная реакция не идет и реактор не выдает мощности, т.е. АЭС не функционирует. Для начала работы реактора необходимо выполнить следующие операции, которые могут выполняться как оператором, так и автоматически. В реактор вводятся тепловыделяющие стержни, регулирующие стержни и другое оборудование, необходимое для выработки электроэнергии. Затем с помощью механизмов 6 и 7 горизонтального и вертикального перемещения магнитопроводы 12 и 13 с катушками 14 и 15 перемещаются в крайнее нижнее положение, как это показано на фиг.2, при этом замыкаются контакты реле положения 21, 22, 23 и 24 с механической связью, в результате чего от дополнительного источника питания 20 подается сигнал через замкнутые контакты реле 21, 22, 23 и 24 в устройство 19 управления вторым коммутационным аппаратом 18, который включается и подает напряжение на катушки 14 и 15 электромагнитов магнитопроводов 12 и 13. После этого с помощью механизмов 6 и 7 горизонтального и вертикального перемещения электромагниты, состоящие из магнитопроводов 12 и 13, катушек 14 и 15, а также якорей 16 и 17 и соединенных с ними стержней аварийной защиты 4 и 5 перемещаются в крайнее верхнее положение, как это показано на фиг.3, а первый коммутационный аппарат 2 выключается, при этом реактор начинает работать, АЭС выдает мощность, а стержни 4 и 5 аварийной защиты находятся в ждущем режиме. Если при этом требуется оперативная остановка ядерного реактора с помощью механизмов 6 и 7 горизонтального и вертикального перемещения, упомянутые выше электромагниты в полном сборе перемещаются в крайнее нижнее положение (фиг.2), а при повторном пуске реактора - вновь в крайнее верхнее положение (фиг.3).

Если возникла аварийная ситуация, то устройство может работать по двум вариантам.

Первый вариант. Работают все традиционные датчики аварийных режимов, при этом существующая традиционная система защиты АЭС отключает аварийный режим.

Второй вариант. Все традиционные датчики защиты функционируют, но отказали механизмы 6 и 7 горизонтального и вертикального перемещения. В этом случае, если в связи с аварийной ситуацией исчезло электроснабжение собственных нужд, исчезнет питание катушек 14 и 15 электромагнитов, исчезают тяговые силы электромагнитов и якоря 16 и 17 вместе со стержнями 4 и 5 аварийной защиты под действием собственного веса перемещаются в крайнее нижнее положение (фиг.4) и предотвращают цепную реакцию в реакторе. Предотвращение цепной реакции в ядерном реакторе произойдет как при исчезновении напряжения в питающей сети 1 переменного тока, так и при

исчезновении напряжения в дополнительном источнике питания 20. Если в данной ситуации электроснабжение собственных нужд остается, остается питание катушек 14 и 15, остаются тяговые силы электромагнитов, стержни 4 и 5 аварийной защиты остаются в крайнем верхнем положении (фиг.3). При этом развивается цепная реакция в реакторе, температура окружающей среды магнитопроводов 12 и 13, а также якорей 16 и 17 быстро поднимается до 500°C и выше, магнитопроводы 12 и 13, а также якоря 16 и 17 тоже разогреваются, магнитная проницаемость магнитопроводов и якорей резко падает, тяговая сила электромагнитов практически исчезает и якоря 16 и 17 вместе со стержнями 4 и 5 аварийной защиты под действием собственного веса также перемещаются в крайнее нижнее положение (фиг.4) и предотвращают цепную реакцию в реакторе, а следовательно, предотвращают взрыв реактора. Необходимо особо отметить, что описанный процесс защиты ядерного реактора в аварийной ситуации может иметь место только при одновременном перемещении в крайнее нижнее положение обоих якорей 16 и 17. В то же время в прототипе из-за разброса магнитных свойств разных электромагнитов, а также из-за разной температуры в зоне около первого и второго электромагнитов время срабатывания разных электромагнитов будет разным, что приведет к увеличению времени срабатывания защиты. Однако в предлагаемом изобретении это исключено. Действительно, если срабатывает якорь 16 с аварийным стержнем 4, размыкаются контакты реле положения 21 и 22, что предотвращает подачу сигнала от дополнительного источника питания 20 и устройство управления 19 выдает команду на отключение второго коммутационного аппарата 18, в результате чего снимается питающее напряжение со второго электромагнита. Если срабатывает якорь 17 с аварийным стержнем 5, размыкаются контакты реле положения 23 и 24, что также предотвращает подачу сигнала от дополнительного источника питания 20 и устройство управления 19 выдает команду на отключение того же второго коммутационного аппарата 18, в результате чего также снимается питающее напряжение с первого электромагнита. Если устройство защиты состоит из «n» электромагнитов, то независимо от значения «n» срабатывание любого первого электромагнита приводит к немедленному снятию питающего напряжения со всех «n» электромагнитов. Очевидно, что время срабатывания первого аварийного стержня защиты всегда будет меньше времени срабатывания последнего стержня аварийной защиты.

При выполнении устройства защиты по второму типом выполнению все состояния устройства защиты, приведенные на фиг.1, 2, 3, 4, сохраняются, но в ждущем режиме при штатной работе ядерного реактора в состоянии устройства защиты, приведенном на фиг.3, появляется дополнение - ускоряющие пружины 33 и 34, которые в ждущем режиме находятся в сжатом состоянии, как это показано на фиг.5, причем ускоряющая пружина 33 сжата магнитопроводом 12 и якорем 16, а ускоряющая пружина 34 сжата магнитопроводом 13 и якорем 17. При нагреве в аварийной ситуации магнитопроводов 12 и 13, а также якорей 16 и 17 магнитопроводов до 500°C и выше тяговые силы упомянутых электромагнитов также резко уменьшаются и якорь 16 магнитопровода 12, а также якорь 17 магнитопровода 13 вместе со стержнями аварийной защиты соответственно 4 и 5 под действием собственного веса и под действием ускоряющих пружин 33 и 34 более ускоренно перемещаются вниз и также более быстро предотвращают цепную реакцию, а следовательно, более быстро предотвращают взрыв этого реактора. Также как и без ускоряющих пружин первый срабатывающий стержень аварийной защиты (или электромагнит) сразу же обеспечивает снятие питающего напряжения с катушек 14 и 15 магнитопроводов 12 и 13, т.е. обеспечит защиту от взрыва реактора. Особенно полезным может оказаться применение ускоряющих пружин для

АЭС, находящихся в зоне возможных землетрясений или для морских судов, т.к. в том и другом случае при совпадении аварии на АЭС с землетрясением или со штормом могут иметь место смещения отдельных блоков ядерного реактора, например направляющих элементов, что может затруднить перемещение защитных аварийных стержней в зону ядерной реакции реактора и повысить вероятность взрыва.

В заключение необходимо отметить:

1. В предлагаемом изобретении в качестве питающей использована сеть переменного тока 1. При наличии на АЭС сети собственных нужд постоянного тока в качестве питающей может быть применена питающая сеть постоянного тока, что не изменяет сути предлагаемого изобретения и не требует изменения описания изобретения. В крайнем случае, может быть применен выпрямитель, который обеспечит преобразование питающей сети переменного тока в питающую сеть постоянного тока.

2. После подачи питающего напряжения на катушки 14 и 15 с помощью второго коммутационного аппарата 18 для достижения минимального времени срабатывания защиты желательно заблокировать включение первого коммутационного аппарата 2, чтобы время срабатывания всей системы защиты определялось только моментом срабатывания первого аварийного стержня защиты, т.е. было минимально возможным.

3. При хорошей конструкторской проработке, исключающей нарушение соосности и перекосы между стержнями аварийной защиты и направляющими элементами при перемещении стержней аварийной защиты из крайнего верхнего положения в крайнее нижнее положение в случае возникновения аварии количество реле положения с механической связью для каждого электромагнита может быть уменьшено с двух до одного, в этом случае при «n» электромагнитов количество реле положения с механической связью также уменьшится и будет равно «n». Так в устройстве защиты, приведенном на фиг. 1, 2, 3, 4, из четырех реле положения 21, 22, 23 и 24 останутся только реле 21 и 23, при этом сущность предлагаемого изобретения не изменится, а минимальное время срабатывания защиты также будет обеспечено.

4. При возникновении аварии, если традиционные датчики аварийных режимов сработали, а традиционные устройства аварийной защиты не сработали, сигналы об аварии могут быть поданы в устройство 19 управления вторым коммутационным аппаратом 18, который обеспечит отключение катушек 14 и 15 магнитопроводов 12 и 13 от питающей системы 1 и, следовательно, также предотвратит цепную реакцию в ядерном реакторе за минимально возможное время.

5. При выборе параметров электромагнита, предназначенного для удержания стержня аварийной защиты, необходимо учитывать, что при заданной тяговой силе электромагнита оптимальным с точки зрения размеров электромагнита является квадратное поперечное сечение стали магнитопровода, однако с точки зрения скорейшего нагрева при аварийной ситуации магнитопровода и якоря электромагнита необходимо увеличивать площадь охлаждения, а следовательно и площадь нагрева магнитопровода и якоря электромагнита, что приведет к тому, что оптимальным сечением стали магнитопровода окажется прямоугольное сечение стали магнитопровода и якоря электромагнита, причем это справедливо для любых типов и форм электромагнитов. Так, например, если взять элемент магнитопровода длиной 1 см (по оси магнитопровода) с поперечным квадратным сечением стали $S_{\text{ст}}=10 \times 10=100 \text{ см}^2$, то поверхность охлаждения составит $S_{\text{охл}}=10 \times 4=40 \text{ см}^2$. Если же взять элемент магнитопровода длиной также 1 см с поперечным прямоугольным сечением стали $S_{\text{ст}}=100 \times 1=100 \text{ см}^2$, то поверхность охлаждения этого элемента составит $S_{\text{охл}}=2 \times 100+$

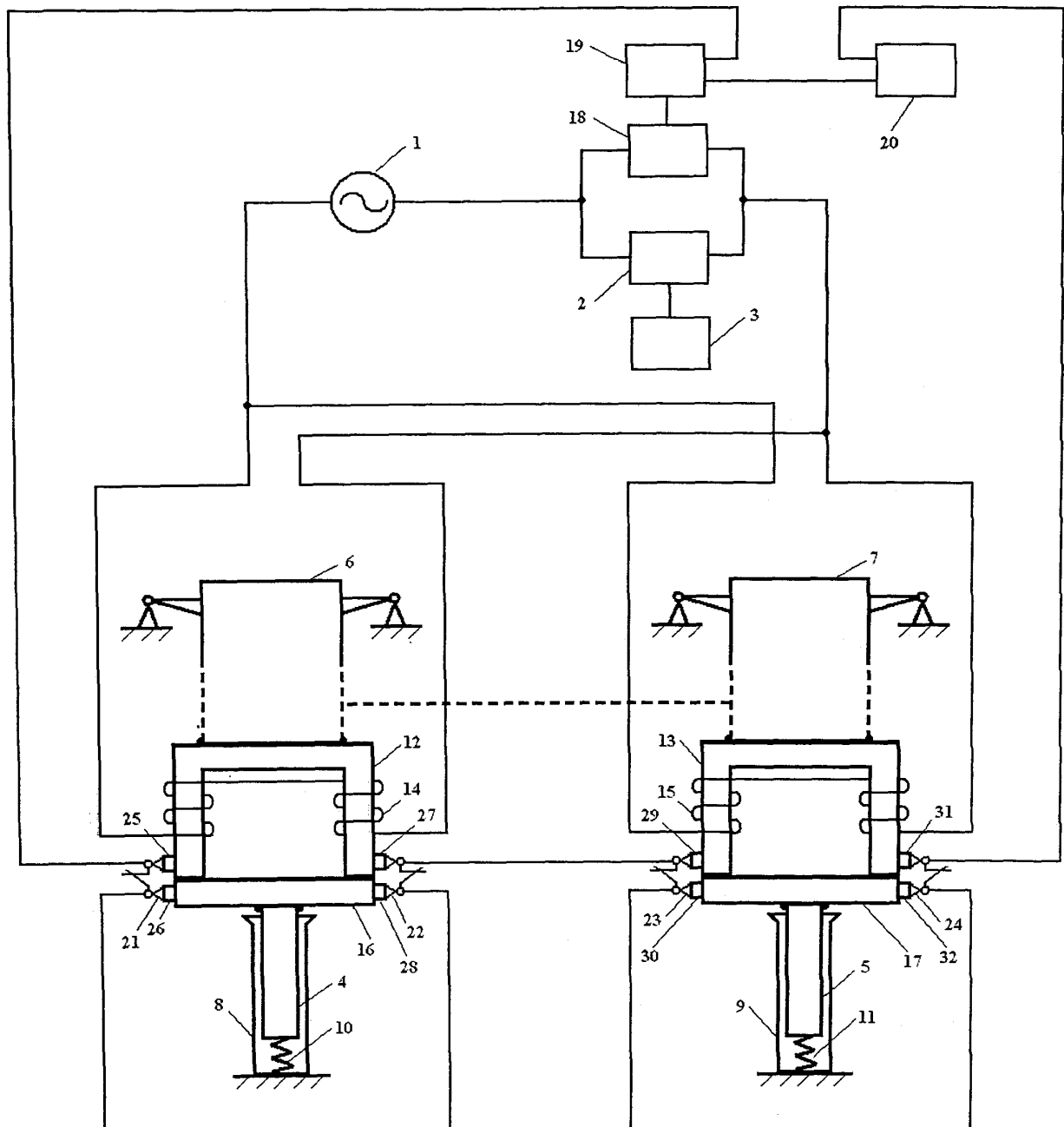
$2 \times 1 = 202 \text{ см}^2$, что в пять с лишним раз больше, чем в первом случае. Оптимальное значение сторон прямоугольника со всех точек зрения при $S_{\text{ст}} = 100 \text{ см}^2$ будет очевидно находиться в диапазоне для одной стороны прямоугольника $10 \div 100 \text{ см}$, а для другой - $10 \div 1 \text{ см}$, при этом чем больше будет поверхность охлаждения в диапазоне $S_{\text{пов}} = (40 \div 202) \text{ см}^2$, тем быстрее будет происходить нагрев стали магнитопровода и якоря при аварии. Вероятней всего при заданных условиях оптимальное значение поверхности охлаждения будет находиться примерно в середине диапазона $(40 \div 202) \text{ см}^2$.

Формула изобретения

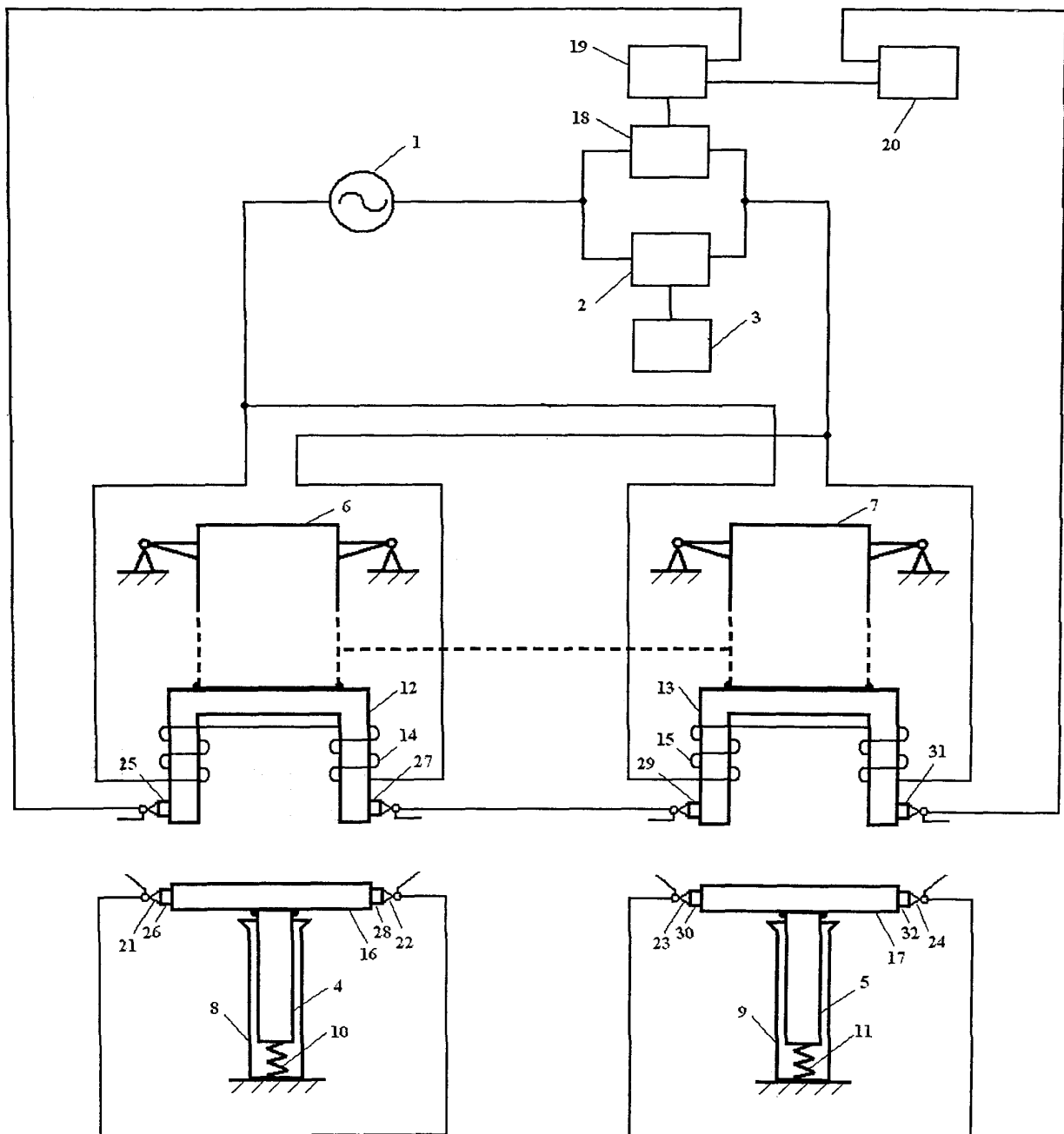
1. Устройство защиты ядерного реактора на быстрых нейтронах атомной электростанции - АЭС с системой защит, содержащее питающую сеть переменного тока, по крайней мере, первый стержень аварийной защиты для гашения цепной реакции при авариях различного вида, первый механически соединенный с поворотной пробкой крыши корпуса реактора механизм горизонтального и вертикального перемещения первого стержня аварийной защиты с системой управления, первый расположенный на дне корпуса реактора направляющий элемент в виде посадочного гнезда для беспрепятственного перемещения вниз первого стержня аварийной защиты при возникновении аварии, первый магнитопровод, первый якорь первого магнитопровода, первую катушку первого магнитопровода, первый коммутационный аппарат с устройством управления первым коммутационным аппаратом и первую демпферную пружину, при этом первый магнитопровод с первой катушкой жестко соединен с первым механизмом горизонтального и вертикального перемещения первого стержня аварийной защиты, первый якорь первого магнитопровода жестко соединен с головкой первого стержня аварийной защиты, входные выводы первой катушки первого магнитопровода с помощью гибкого кабеля подсоединены к выходным выводам питающей сети переменного тока с помощью выходных выводов первого коммутационного аппарата, входные выводы которого соединены с выходными выводами устройства управления первым коммутационного аппарата, при этом первая демпферная пружина жестко соединена с дном первого посадочного гнезда, причем первый магнитопровод и первый якорь первого магнитопровода выполнены из магнитного материала с регулируемой за счет химического состава температурой Кюри, отличающееся тем, что дополнительно введены, по крайней мере, один второй стержень аварийной защиты для гашения цепной реакции при авариях различного вида, один второй механически соединенный с поворотной пробкой крыши корпуса реактора механизм горизонтального и вертикального перемещения второго стержня аварийной защиты с системой управления, один второй расположенный на дне корпуса реактора направляющий элемент в виде посадочного гнезда для беспрепятственного перемещения вниз второго стержня аварийной защиты при возникновении аварии, один второй магнитопровод, один второй якорь второго магнитопровода, одна вторая катушка второго магнитопровода, одна вторая демпферная пружина, второй коммутационный аппарат с устройством управления вторым коммутационным аппаратом, один дополнительный источник питания, а также четыре реле положения с механической связью, при этом каждое реле положения содержит по одному неподвижному и по одному подвижному контактам, при этом каждый контакт содержит изоляционную пластину для изоляции этого контакта от магнитопроводов или якорей магнитопроводов, при этом второй магнитопровод со второй катушкой жестко соединен со вторым механизмом горизонтального и вертикального перемещения второго стержня аварийной защиты,

второй якорь второго магнитопровода жестко соединен с головкой второго стержня аварийной защиты, входные выводы второй катушки второго магнитопровода с помощью гибкого кабеля подсоединены к выходным выводам питающей сети переменного тока с помощью выходных выводов первого коммутационного аппарата, входные выводы которого соединены с выходными выводами устройства управления первого коммутационного аппарата, при этом параллельно выходным выводам первого коммутационного аппарата подсоединены выходные выводы второго коммутационного аппарата, входные выводы которого соединены с выходными выводами устройства управления второго коммутационного аппарата, входные выводы которого подсоединены к выходным выводам дополнительного источника питания через последовательно соединенные контакты четырех реле положения с механической связью, при этом четыре неподвижных контакта четырех реле положения с помощью изоляционных пластин жестко соединены с торцами двух магнитопроводов по два контакта на каждый магнитопровод, а четыре подвижных контакта реле положения с помощью изоляционных пластин жестко соединены с торцами двух якорей по два контакта на каждый якорь магнитопроводов, при этом вторая демпферная пружина жестко соединена с дном второго посадочного гнезда для второго защитного стержня, при этом второй магнитопровод и второй якорь второго магнитопровода выполнены из магнитного материала с регулируемой за счет химического состава температурой Кюри.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что дополнительно введены две пружины, установленные с упором, первая из которых размещена между первым магнитопроводом и первым якорем первого магнитопровода, а вторая - между вторым магнитопроводом и вторым якорем второго магнитопровода, причем верхние концы пружин жестко соединены с соответствующими магнитопроводами.



Фиг. 2



Фиг. 4

